



Agroindustrial Science

Agroind Sci 6 (2016)

Escuela de Ingeniería
Agroindustrial

Universidad Nacional de Trujillo

Influencia de la incorporación de aloe vera en yacón (*Smallanthus sonchifolius* Poepp. & Endl) mediante impregnación a vacío en la aceptación sensorial del producto

Influence of aloe vera incorporation on yacon (*Smallanthus sonchifolius* Poepp. & Endl) through vacuum impregnation on the sensory acceptance of the product

Erika Rojas*; Jimmy Oblitas

Facultad de Ingeniería, Universidad Privada del Norte sede Cajamarca, Av. Vía de evitamiento s/n cuadra 15, Cajamarca, Perú.

* Autor para correspondencia: grl@upn.edu.pe (E. Rojas)

Recibido 25 de mayo 2016; Aceptado 22 de junio 2016.

RESUMEN

La aceptabilidad por el consumidor y la determinación de diferencias entre productos se realiza a través del análisis sensorial, una disciplina científica a través de la cual el evaluador sensorial evoca, analiza, mide e interpreta respuestas humanas a estímulos percibidos a través de los sentidos. Es por ello que se hace necesario realizar este tipo de estudios para lanzar al mercado productos nuevos, como el yacón impregnado con aloe vera. El objetivo de la presente investigación fue determinar la influencia de la incorporación de aloe vera en yacón (*Smallanthus sonchifolius* poepp. & endl) mediante impregnación a vacío en la aceptación sensorial del producto. Se utilizó la metodología de análisis descriptivo para categorización cuantitativa relativa con la utilización de una escala no estructurada o adimensionada de 12 cm con panelistas semientrenados. Para el análisis de datos se hizo uso del software de análisis estadístico XLSTAT. La evaluación sensorial mostró que el p-value para el color fue 0,101 y para el sabor fue 0,045, lo cual muestra que no encuentran diferencia significativa para el color ($p > 0,05$); siendo el sabor significativo para este análisis ($p < 0,05$). El tratamiento con menor intensidad de acidez percibida por los evaluadores fue aquel que utilizó una presión de 275 mbar y 22,1 minutos, obteniéndose un puntaje de 6,6 según la escala adimensionada. La mayor acidez percibida en todas las muestras no es rechazable, ya que al combinar el dulzor propio del yacón con una ligera acidez del aloe vera resulta agradable.

Palabras clave: Yacón, aloe vera, impregnación a vacío, microestructura, análisis sensorial

ABSTRACT

Consumer acceptability and the statement of differences among products are made through the sensory analysis, a scientific discipline by which the sensory assessor evokes, analyzes, measures, and interprets human responses to stimulus perceived by the senses. For this reason, it is necessary to do this kind of studies in order to launch new products to the market, such as yacon impregnated with aloe vera. This research was aimed to determine the influence of aloe vera incorporation on yacon (*Smallanthus sonchifolius* poepp & endl) through vacuum impregnation on the sensory acceptance of the product. The methodology of descriptive analysis was used for the relative quantitative categorization by using a non-structured or non-measured scale of 12 cm with semi-trained panelists. For analyzing the data, the statistical software XLSTAT was used. Sensory evaluation showed that p- value for color was 0.101 and for taste was 0.045, demonstrating that there is no significant difference for color ($p > 0.05$); being taste significant in this analysis ($p < 0.05$). The treatment with the lowest intensity of acidity perceived by the assessors was that using a pressure of 275 mbar and 22,1 minutes, getting a score of 6,6 according to the non-measured scales. The highest acidity perceived from all the samples is not rejectable, since when combining the proper sweetness of yacon with a slight acidity of aloe vera, the result is delicious.

Keywords: Yacon, aloe vera, vacuum impregnation, microstructure, sensory analysis.

1. Introducción

El consumo adecuado de frutas y vegetales trae consigo beneficios a la salud de los individuos: disminuyendo el riesgo de

padecer algunos tipos de cáncer y otras enfermedades crónicas (Lampe, 1999). El yacón (*Smallanthus sonchifolius* poepp. & endl) es una raíz compuesta mayormente por agua (85 a 90%). El 40 al 70% de su peso

seco está en forma de frutoligosacáridos (FOS), azúcares especiales con efectos favorables para la salud humana, y compuestos con un alto poder antioxidante, por lo que es considerado como medicinal, para tratar problemas de diabetes (Polanco, 2011). El gel extraído de la pulpa de *Aloe barbadensis* Miller ha recibido un especial interés por su potencial funcional, su actividad antioxidante como respuesta a la presencia de compuestos de naturaleza fenólica (Lee *et al.*, 2000). La mayoría de los extractos de aloe vera poseen muchas actividades biológicas, tales como anti-inflamatoria, antioxidante, anticancerígena, para la lucha de la diabetes o la activación de los macrófagos, debido a la composición química que presenta. El potencial funcional del aloe vera queda demostrado en la amplia literatura existente, con una importante evidencia científica de sus propiedades beneficiosas (Eshun y He, 2004).

Publicaciones recientes establecen que los alimentos que exhiben una microestructura altamente porosa, como frutas y vegetales, pueden ser impregnados con solutos, por medio de inmersión en soluciones isotónicas. En adición a lo anterior, la introducción de estos solutos deseados se puede llevar a cabo por una nueva técnica conocida como "Impregnación a vacío" (IV) que es una metodología que permite obtener alimentos funcionales, esta técnica es una herramienta de la ingeniería de alimentos que utiliza los conocimientos sobre composición, estructura y propiedades de la matriz estructural de un alimento para producir y controlar cambios que mejoren sus propiedades funcionales y/o sensoriales (Chiralt *et al.*, 1999). La técnica ha sido descrita a través de la acción del mecanismo hidrodinámico (HDM), como un proceso de transporte de materia en un sistema sólido poroso-líquido (Fito, 1994; Fito y Pastor, 1994). La técnica de IV se presenta como una alternativa de la aplicación en la industria alimentaria para la producción de nuevos alimentos (Chiralt *et al.*, 1999).

En la industria de los alimentos, la introducción de un producto al mercado se rige mayormente por la evaluación subjetiva de las características sensoriales de un producto, es decir, aspectos percibidos sensiblemente por los consumidores. Sin

embargo, esta evaluación debe complementarse con alguna técnica o herramienta que aporte objetividad en el proceso de desarrollo de un producto. La evaluación sensorial de alimentos consiste en la aplicación de un análisis estadístico que permitirá evaluar objetivamente la información que proporciona un jurado de degustadores (Grández, 2008). El objetivo de la presente investigación fue determinar la Influencia de la incorporación de aloe vera en yacón (*Smallanthus sonchifolius* poepp. & endl) mediante impregnación a vacío en la aceptación sensorial del producto.

2. Materiales y métodos

Materia prima

Se utilizó yacón (*Smallanthus sonchifolius* Poepp & Endl) de color anaranjado y un extracto seco y pulverizado de aloe vera, exento de aloína y con una concentración total de sólidos de 92% y humedad de 8%.

Impregnación a vacío

Los ensayos de IV se realizaron en un depósito hermético de acero inoxidable acoplado a una bomba de vacío. La solución de aloe vera (15g/1000mL) se llevó a agitación durante 15 minutos. Las muestras en rodajas frescas de 40 mm de diámetro y 5 mm de espesor, inicialmente se sumergieron en la solución y se colocaron dentro de la cámara de vacío en un vaso Erlenmeyer. Posteriormente se aplicó las diferentes presiones y tiempos (275 mbar y 15 min; 150 mbar y 10 min; 400 mbar y 10 min; 150 mbar y 20 min; 400 mbar y 20 min; 98,2 mbar y 15 min; 451,8 mbar y 15 min; 275 mbar y 7,9 min; 275 mbar y 22,1 min; 275 mbar y 15 min), seguido por otros 10 minutos a presión atmosférica. Finalmente se llevó a deshidratación para obtener hojuelas de yacón impregnadas con aloe vera.

Método de análisis

Análisis físico químico: Se realizaron análisis físico químicos tanto de la materia prima como del producto final, se determinó de acuerdo a la AOAC, humedad, materia seca, ceniza, proteína, fibra bruta, Grasa, ELN (Carbohidratos), pH, Acidez (exp. Ac. cítrico), Sólidos solubles (°Brix).

Análisis sensorial: Para la evaluación sensorial de las muestras se utilizó la

metodología de análisis descriptivo para categorización cuantitativa relativa con la utilización de una escala no estructurada o adimensionada de 12 cm (Anzaldúa, 1994). Para el análisis sensorial se hizo uso del software de análisis estadístico Statgraphics Centurión y XLSTAT.

3. Resultados y discusión

Análisis fisicoquímico de las muestras

En la tabla 1 se presentan los resultados de la caracterización fisicoquímica del yacón.

Tabla 1. Características fisicoquímicas del yacón fresco.

Componentes	Valor porcentual (b.h)	Valor porcentual (b.s)
Humedad	87,50	---
Materia seca	12,50	100
Ceniza	0,31	2,48
Proteína	0,30	2,40
Fibra bruta	0,40	3,20
Grasa	0,02	0,16
ELN (Carbohidratos)	11,47	91,76
pH	6,10	
Acidez (exp. Ac. cítrico)	0,35	
Sólidos solubles (°Brix)	13,4	

(*) Resultado promedio de tres repeticiones

El yacón es una de las raíces reservantes con mayor contenido de humedad 87,50%, valor inferior a los encontrados por Gutiérrez y Vaca (2011) y Chirinos (1999) quien encontró para diferentes zonas geográficas del Perú como Tarma, Chachapoyas y Cuzco valores de 89,15; 89,12; 90,15; respectivamente. Al respecto diversos estudios revelan que entre el 83 y 90 % del peso fresco de las raíces es agua. De todos los componentes que conforman la materia seca del yacón, el contenido de carbohidratos es el que está presente en mayor cantidad, el valor promedio de tres repeticiones en base seca fue de 91,76%. En términos generales, los carbohidratos representan cerca del 90% del peso seco de las raíces recién cosechadas; de los cuales entre 50 y 70% son fructooligosacáridos (FOS). El resto de carbohidratos lo conforman la sacarosa, fructosa y glucosa (Ohshima *et al.*, 1990). Sin embargo, la composición relativa de los diferentes azúcares varía significativamente debido a diferentes factores como el cultivar, la época de siembra y cosecha, tiempo y temperatura en poscosecha, entre otros.

Con respecto a las cenizas, el valor encontrado fue de 2,48% b.s, promedio encontrado menor al reportado por Chirinos (1999); (2,67- 3,5% b.s). En lo que respecta a proteína 0,30% y grasa 0,02% en base húmeda, los valores son cercanos a los reportados por Seminario *et al.* (2003) quien obtiene un valor de proteína 0,37% y grasa 0,024% en b.h, en cuanto a fibra bruta presenta un 0,40% (b.h), valor ligeramente superior al reportado por Seminario *et al.*, (2003) que fue de 0,6% (b.h).

El valor de sólidos solubles están en un promedio de 13,5; valor superior a lo reportado por Chirinos (1999) con un contenido de 10,30; esto debido al elevado contenido de agua presente en su muestra analizada. El valor de acidez 0,35 está dentro del rango reportado por diferentes autores (Chirinos, 1999; Zapana, 2007). En lo que respecta al pH, su valor promedio fue de 6,10; valor cercano al reportado por Zapana (2007) para tres entradas de yacón obteniendo valores de 6,17; 6,52; y 6,36.

Análisis morfológico de la materia prima (Yacón)

El yacón utilizado en la investigación fue de pulpa color anaranjado con color de cascara marrón oscuro. Los resultados morfológicos se muestran en la Tabla 2.

Tabla 2. Características morfológicas de la muestra de raíz de yacón (*)

	Peso (g)	Diámetro central (cm)	Longitud (cm)
Valor Mayor	423,2	5,15	20,3
Valor menor	321,2	4,23	15,41

(*) Medidas obtenidas de 10 muestras de yacón de características similares.

La longitud encontrada oscilo entre 15,41 y 20,3; Grau y Rea (1998) mencionan que las dimensiones de las raíces pueden llegar a alcanzar valores entre 6 y 25cm de longitud. El diámetro central tuvo valores de entre 4,23 y 5,15 cm, este es un valor importante ya que para obtener las rodajas de yacón se tuvo que contar con muestras que tengan como mínimo 50 mm de diámetro.

El peso obtenido tuvo valores de entre 321,2 y 423,2 g. El National Research Council (1989) indica que los tubérculos del yacón son fusiformes y pueden variar considera-

blemente en tamaño forma y sabor el color de su cáscara va desde marrón oscuro al púrpuro opaco incluso al naranja, internamente el tubérculo se presenta como un cuerpo carnoso transparentemente los tubérculos generalmente pesan de 200 a 500 g., pero pueden llegar a pesar 2 kg.

Características fisicoquímicas de la solución se impregnación

Se utilizó un extracto seco y pulverizado de aloe vera (*Aloe barbadensis* Miller), exento de aloína y con una concentración total de sólidos de 92% y una humedad de 8%. Se determinó las características de la solución de impregnación preparado con Aloe Gold Seal-Natural 200X (AGS) con una concentración de 15 g / 1000 mL estos datos se presentan la Tabla 3.

Tabla 3. Características de la solución de impregnación (*)

Solución de aloe vera al 15%	°Brix	pH	D (g/cm ³)	Visc (Mpas)
	1,55	3,77	1,0034	1,33

(*) Promedio de tres repeticiones.

Al realizar las mediciones se obtuvo en promedio de 1, 55 °Brix, pH de 3,77 densidad de 1,0034 g/ cm³ y una viscosidad 1,33 mPa.s., datos similares fueron obtenidos por Sanzana (2010) quien menciona que la densidad, es fundamental con vistas al planteamiento de los correspondientes balances de materia.

El comportamiento reológico está directamente relacionado con el mecanismo hidrodinámico y teniendo en cuenta que el objetivo es obtener una solución que pueda ser incorporado con facilidad a rodajas de yacón por impregnación a vacío (IV), la viscosidad determina la facilidad de incorporación del líquido en los poros de la estructura. El pH puede afectar a la interacción entre la disolución y la materia prima y a la estabilidad de los medios de impregnación Sanzana (2010).

Análisis Sensorial

Una vez elaborado las formulaciones consideradas en el diseño experimental, los

resultados de la evaluación sensorial para la aceptación del sabor y color de la hojuela de yacón impregnada permitieron el ajuste del polinomio de segundo orden:

$$\begin{aligned} \text{Sabor} = & 7.14534 + 0.00536142 * \\ & \text{Presión} - 0.0952147 * \text{Tiempo} + \\ & 0.0000076 * \text{Presión}^2 - 0.00056 * \\ & \text{Presión} * \text{Tiempo} + 0.00974996 * \text{Tiempo}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Color} = & 3.62385 + 0.0136072 * \\ & \text{Presión} + 0.354678 * \text{Tiempo} - \\ & 0.0000176 * \text{Presión}^2 - 0.00048 * \\ & \text{Presión} * \text{Tiempo} - 0.007 * \text{Tiempo}^2 \end{aligned}$$

Este polinomio permitió la predicción de la respuesta sensorial en regiones no experimentadas en el diseño, cuya representación gráfica y análisis estadístico se muestran en las Figuras 1 y 2, respectivamente.

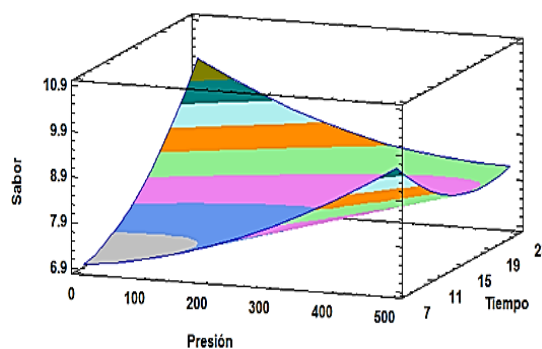


Figura 1. Superficie de respuesta Tridimensional para la aceptación del Sabor.

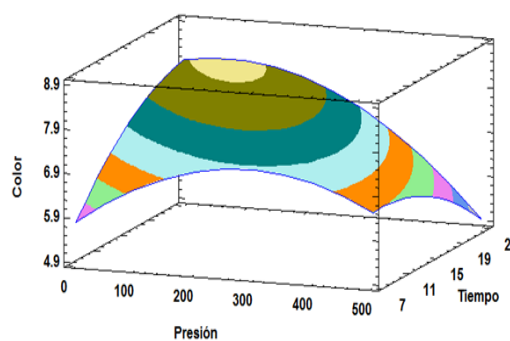


Figura 2. Superficie de respuesta tridimensional para la aceptación del color.

Una vez evaluada la habilidad predictiva del modelo a través del análisis de varianza, se calculó el óptimo matemático de la superficie de aceptación global de las formulaciones de Yacón impregnado con Aloe vera, también conocido como punto estacionario (Giovanni, 1983; Vatsala *et al.*, 2001), el cual representa el punto de la superficie donde la derivada parcial de la

respuesta sensorial con respecto a la presión, es igual a la derivada parcial de dicha respuesta con respecto al tiempo y ambas derivadas son iguales a cero:

El punto estacionario se alcanza para Presión= 98,2233 mPa y Tiempo= 21,96 min en la formulación. Sin embargo, dado que el óptimo de aceptación sensorial global, no necesariamente representa la formulación con mayor proyección comercial, se procedió a realizar un estudio por panel sensorial que corresponde a 10 panelistas.

El resumen estadístico de los resultados del análisis sensorial se muestra en la tabla 4; en el cual se analizó el color y sabor de la muestra en rodajas deshidratada de yacón impregnado con aloe vera.

En las tabla 5 y 6 se presentan los resultados de un ANOVA para color y sabor respectivamente, llevados a cabo. Como se puede observar en los cuadros, la evaluación sensorial respecto al sabor resultó significativo. El resultado se debe a una ligera presencia de acidez en el yacón deshidratado impregnado, dado a que la solución de aloe vera presentó un pH de 3,77; lo cual hace que se diferencie de una muestra de yacón deshidratada sin impregnar; añadiendo que la muestra impregnada no resultó desagradable para el evaluador manifestándolo en los comen-

tarios de la ficha de evaluación sensorial utilizada.

Respecto al color, la evaluación sensorial mostro una no significancia; el color es uno de los parámetros de calidad más importante en productos deshidratados. En su investigación Oblitas y Castro (2014), argumentan que el color es el parámetro más utilizado para establecer el nivel de tostado del café, por lo tanto, el color se puede utilizar en la evaluación de la calidad de un producto final. Los cambios en el color en un producto impregnado se deben a la concentración de pigmentos o degradación de los mismos. Por medio de la remoción de aire de los poros de frutas y la introducción de solutos específicos, la impregnación a vacío puede ayudar a prevenir el pardeamiento (Jeon y Zhao, 2005).

En la Tabla 7 se muestra la comparación de los valores de p de los efectos producto de los diferentes descriptores (color y sabor). Los análisis que siguen sólo se llevarán a cabo para el descriptor que permiten discriminar los productos, es decir, para todos los descriptores para los que el valor de p es menor a 0,05 (Montgomery, 2002). En este caso particular, hay un efecto de producto que se eliminara y corresponde al color, el cual podemos afirmar que no se encuentra diferencias en los evaluadores.

Tabla 4. Estadísticos descriptivos del análisis sensorial

Variable	Observaciones	Obs. con datos perdidos	Obs. sin datos perdidos	Mínimo	Máximo	Media	Desv. típica
Color	100	0	100	2,040	12,0	7,929	2,049
Sabor	100	0	100	2,856	11,016	7,430	2,221

Tabla 5. ANOVA con color como variable dependiente para evaluar los efectos

Fuente	Tipo	GL	Suma de cuadrados	Cuadrados medios	E (Cuadrados medios)	F	Pr > F
Productos	Fijo	9	23,763	2,6400	Sigma2+1* Sigma2(Productos*Jueces)+ 10*Q(Productos)	1,707	0,101
Jueces	Aleatorio	9	266,663	29,629	Sigma2+1* Sigma2(Productos*Jueces)+ 10*Q(Productos)	19,159	< 0,0001
Productos* Jueces	Aleatorio	81	125,268	1,547	Sigma2+1* Sigma2(Productos*Jueces)+	0,000	
Error		0	0,000		Sigma2		

Modelos mixtos - Análisis Suma de Cuadrados Tipo III

Tabla 6. ANOVA con sabor como variable dependiente para evaluar los efectos }

Fuente	Tipo	GL	Suma de cuadrados	Cuadrados medios	E (Cuadrados medios)	F	Pr>F
Productos	Fijo	9	25,380	2,820	Sigma2+1* Sigma2(Productos*Jueces)+ 10*Q(Productos)	2,045	0,045
Jueces	Aleatorio	9	351,125	39,014	Sigma2+1* Sigma2(Productos*Jueces)+ 10*(Productos)	28,289	<0,0001
Productos* Jueces	Aleatorio	81	111,707	1,379	Sigma2+1* Sigma2(Productos*Jueces)+	0,000	
Error		0	0,000		Sigma2		

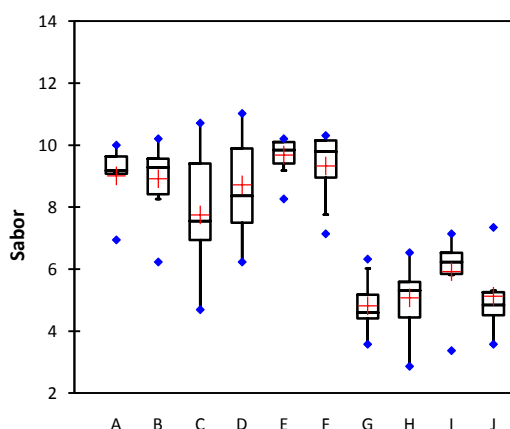
Modelos mixtos - Análisis Suma de Cuadrados Tipo III.

Tabla 7. ANOVA Resumen

Descriptores	F	Pr > F
Color	1,707	0,101
Sabor	2,045	0,045

Los valores en negrita corresponden a los descriptores eliminados

Siendo el sabor el único significativo, en la figura 3 se muestra el diagrama de caja y bigote a los valores de los evaluadores donde podemos ver que los evaluadores de A al F, tienen una media similar, también podemos ver que los evaluadores de G al J difieren del primer grupo de evaluadores. Estas gráficas individuales no dicen nada sobre el consenso entre los evaluadores, esto porque el producto correspondiente al mínimo de un evaluador (valores mínimo y máximo se muestran con puntos azules en los diagramas de caja) podrían corresponder a la máxima del otro evaluador.

**Figura 3.** Diagrama de caja y bigote para el sabor.

La Figura 4 muestra el consenso entre evaluadores, un gráfico por cada evaluador (del evaluador A al J), donde se utilizó la

media para cada juez y cada producto/descriptor, junto con la distancia al consenso calculado sobre todos los descriptores.

Intensidad de acidez percibida por los evaluadores

En la tabla 8 se muestra los promedios de las puntuaciones obtenidas de los evaluadores en el análisis sensorial, ordenados de menor a mayor, como el sabor fue el que resultó significativo, se realizó el cuadro para verificar en que tratamiento el evaluador percibe menor acidez.

Tabla 8. Orden de intensidad de acidez percibida según los diferentes tratamientos

Presión (mbar)	Tiempo (min)	Nº muestra Evaluada	Promedio puntuación evaluadores
275,0	22,1	9	6,6
400,0	20,0	5	6,7
98,2	15,0	6	7,0
150,0	20,0	4	7,4
275,0	7,9	8	7,5
451,8	15,0	7	7,5
275,0	15,0	10	7,6
150,0	10,0	2	7,8
275,0	15,0	1	8,0
400,0	10,0	3	8,3

Según la tabla 8, el tratamiento con menor intensidad de acidez percibida por los evaluadores fue utilizando una presión de 275 mbar y 22,1 minutos, obteniéndose un puntaje de 6,6 según la escala adimensionada normalizada de 12 cm. Según los comentarios dejados en la ficha utilizada en la evaluación sensorial, los evaluadores mencionaron que la mayor acidez percibida en todas las muestras no es rechazable, ya que al combinar el dulzor propio del yacón con una ligera acidez del aloe vera resulta agradable.

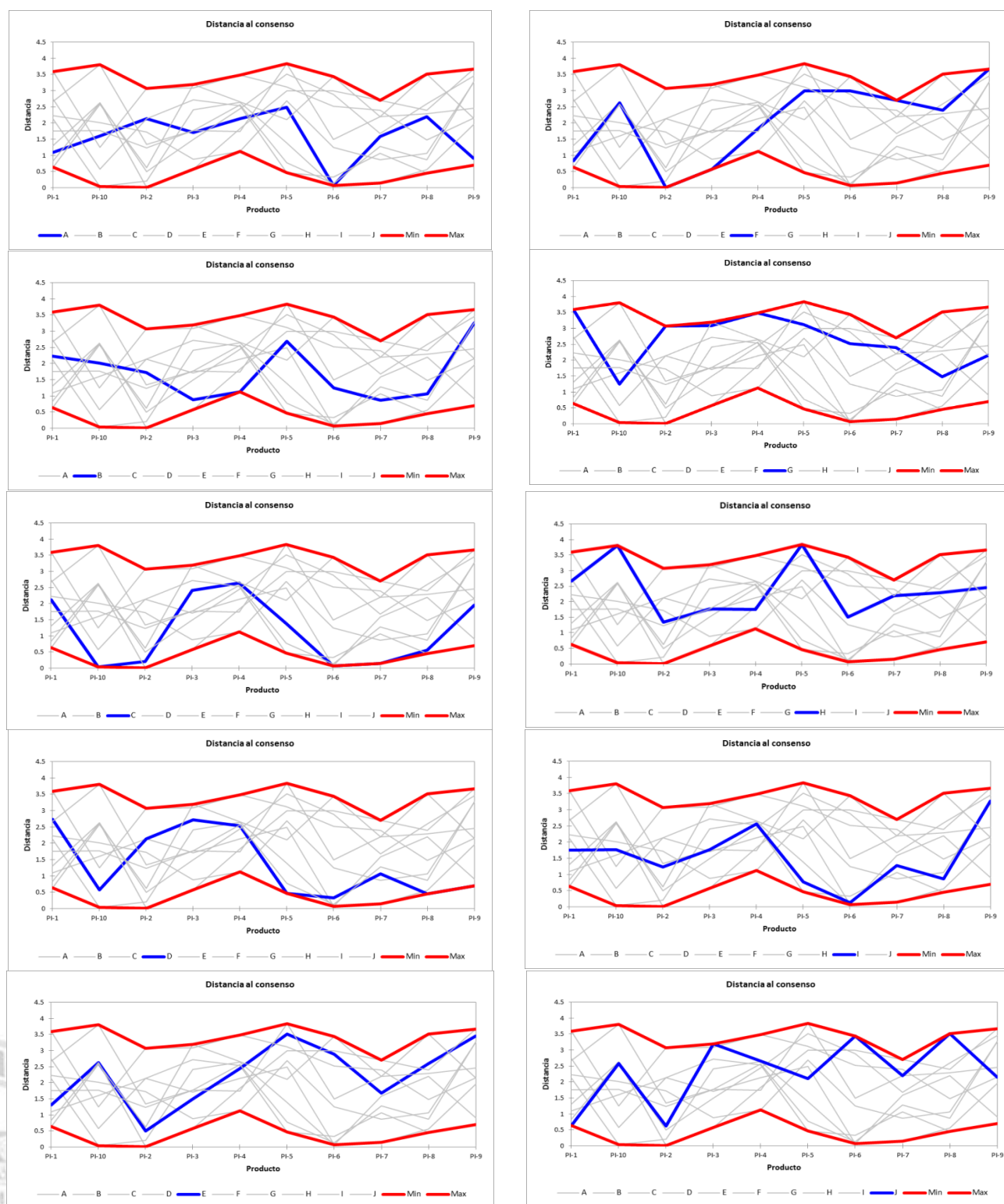


Figura 4. Diagramas de distancia al consenso del evaluador A hasta el evaluador J.

4. Conclusiones

Del conjunto de indicadores que definen la calidad de los alimentos el sensorial ocupa un lugar destacado: aspecto desagradable, defectos en el olor y sabor. La evaluación

sensorial de los 10 panelistas semientrenados mostró que el p-value para el color fue 0,101 y para el sabor fue 0,045, lo cual muestra que no encuentran diferencia significativa para el color ($p > 0,05$) siendo

el sabor significativo para este análisis ($p < 0,05$). El tratamiento con menor intensidad de acidez percibida por los evaluadores fue utilizando una presión de 275 mbar y 22,1 minutos, obteniéndose un puntaje de 6,6 según la escala adimensionada normalizada de 12 cm.

Referencias

- Anzaldúa, A. 1994. La evaluación sensorial de los alimentos en la teoría y en la práctica. Editorial Acribia S.A. Zaragoza, España. 198 pp.
- Chiralt, A.; Fito, P.; Andrés, A.; Barat, J.; Martínez, J.; Martínez, N. 1999. Vacuum impregnation: a tool in minimally processing of foods. En: Oliveira FAR, Oliveira JC, editors. Processing of foods: Quality optimization and process assesment. Boca Ratón: CRC Press; p. 341-356.
- Chirinos, R. 1999. Obtención y caracterización de los oligofructanos a partir de la raíz del yacón (*Smallanthus sonchifolius* Poepp. & Endl.). Tesis para optar el grado de Magister Scientiae. Lima-Perú.
- Eshun, K.; He, Q. 2004. Aloe vera: a valuable ingredient for the food, pharmaceutical and cosmetic industries. Critical Reviews Food Science and Nutrition 44: 91-96.
- Fito, P. 1994. Modelling of vacuum osmotic dehydration of foods. Journal of Food Engineering 22: 313-318.
- Fito, P.; Pastor, R. 1994. On some diffusional mechanism occurring Vacuum Osmotic Dehydration (VOD). Journal of Food Engineering 21, 513-519.
- Giovanni, M. 1983. Response surface methodology and product optimization. Food Technol. 37: 41-46.
- Grández, G. 2008. Evaluación Sensorial y Físico-Química de Néctares Mixtos de Frutas a Diferentes Proporciones. Tesis para optar el título de Ingeniero Industrial y de Sistemas. Universidad de Piura Facultad de Ingeniería.
- Grau, C.; Rea, J. 1998. Yacon. *Smallanthus sonchifolius* (Poepp. & Endl.) H. Robinson. In: Hermann M., Heller J. (eds.): Andean roots and tuberous roots: Ahipa, Arracacha, Maca and Yacon. Promoting the conservation and use of underutilized crops. IPK, Gatersleben/IPGRI, Rome 174: 199-256.
- Gutiérrez, V.; Vaca, S. 2011. Evaluación del uso de recubrimientos lipídicos, poliméricos y refrigeración para prolongar la vida útil del yacón (*Smallanthus Sonchifolius*). Trabajo de grado para optar el título de Ingenieras de Alimentos. Universidad De La Salle. Facultad Ingeniería. Programa De Ingeniería De Alimentos. Bogotá.
- Jeon, M.; Zhao, Y. 2005. Honey in combination with vacuum impregnation to prevent enzymatic browning of fresh-cut apples. International Journal of Food Science and Nutrition 56(3): 165-176.
- Lampe, J. 1999. Health effects of vegetables and fruit: assessing mechanisms of action in human experimental studies. Am J Clin Nutr. 70(3): 475-490.
- Lee, Y.; Weintraub, S.; Yu, B. 2000. Isolation and identification of a phenolic antioxidant from aloe barbadensis. Free Radical Biology y Medicine. 2(28): 261 – 265.
- Montgomery, D. 2002. Diseños y Análisis de Experimentos. Grupo Editorial Iberoamérica. 2da Edición. México. 589 pp.
- National Research Council. 1998. Lost crops of the Incas: Little known plants of the Andes with promise for worldwide cultivation. National Academy Press. Washington D. C. 2da. Edición. Pp 114-147
- Oblitas, J. y Castro, W. 2014. Computer vision system for the optimization of the color generated by the coffeeroasting process according to time, temperature and mesh size. Ingeniería y Universidad 18(2): 355-368.
- Ohshima, T.; Ito, O.; Yasuyoshi, S.; Ikarashi, T.; Minamisawa, K.; Kubota, M.; Tsukihashi, T.; Asami, T. 1990. Composition of storage carbohydrate in tubers of yacón (*Polimnia sonchifolia*). Soil Sci. plant. Nutr. 36(1): 167-171.
- Polanco, M. 2011. Caracterización morfológica y molecular de materiales de Yacón (*Smallanthus Sonchifolius* Poep. & Endl) H. Robinsón Colectados en la eco región eje cafetero de Colombia. Trabajo para optar el grado de Magister en Ciencias agrícolas con énfasis en Fitomejoramiento. Universidad Nacional de Colombia. Facultad de Ciencias Agropecuarias Coordinación General de Posgrados, Palmira.
- Sanzana, S. 2010. Viabilidad del desarrollo de alimentos funcionales frescos por incorporación de aloe vera a la matriz estructural de endibia (*Cichorium intybus* L. var. foliosum), brócoli (*Brassica oleracea* var. itálica), coliflor (*Brassica oleracea* var. botrytis) y zanahoria (*Daucus carota* L.) mediante la técnica de impregnación a vacío. Tesis.
- Seminario, J., Valderrama, M.; Manrique, I. 2003. El Yacón: fundamentos para el aprovechamiento de un recurso promisorio. Centro Internacional de la Papa (CIP), Universidad Nacional de Cajamarca, Agencia Suiza para el Desarrollo y la Cooperación (COSUDE), Lima: Perú. 60 pp.
- Vatsala, C.; Saxena, C.; Rao, P. 2001. Optimization of ingredients and process conditions for the preparation of puri using response surface methodology. Internat. J. Food Sci. Technol. 36: 407-414.
- Zapana, R. 2007. Estudio químico-bromatológico de algunas variedades de yacón (*Smallanthus sonchifolius*) (Poepp & Endl) H. Robinson. De la provincia de Sandía-Puno. Tesis para optar el Título Profesional de Químico Farmacéutico. Lima-Perú.